

地下空間の色と形の知覚マップと 力学的感度に関する考察

RELATIONSHIP BETWEEN PERCEPTUAL MAPS FOR SHAPE AND COLOR, AND MECHANICAL SENSITIVITY OF SHAPES IN THE DESIGN OF UNDERGROUND SPACES

今泉 暁音^{1*}・伊藤 裕美子²・清水 則一³

Akane IMAIZUMI^{1*}, Yumiko ITO², Norikazu SHIMIZU³

Underground spaces will be useful for solving various issues, i.e., global environment, mega-cities with dense population, protection of people's lives and property from disasters, etc. The opportunities for people to spend time in underground spaces will increase in the future. Therefore, underground spaces should be designed so that people may feel more of an attraction to them. Using human sensitivity are greatly needed for creating attractive underground spaces.

In this paper, the colors and shapes of underground spaces are employed as the design parameters. In order to investigate the relationship between these parameters and impressions, "the perceptual maps" are illustrated. Correspondence and cluster analyses are applied to questionnaire results for creating such maps.

The discussion is extended to explain relationship between mechanics and impression for underground spaces. In order to assess the preferable shapes for underground structures, an index named as "the mechanical sensitivity" is defined from the viewpoint of mechanics. Finally, relationship between the mechanical sensitivity of shapes and impression of colors and shapes, are considered.

Key Words : *underground space, color, shape, human sensibility, mechanics*

1. はじめに

地下空間は、都市空間の有効活用、地球環境問題など様々な課題の解決のために多角的な利用が検討されている¹⁾³⁾。今後、一般の人々が地下空間で過ごす機会やその滞在時間はより一層増加すると考えられ、安全かつ快適で魅力的な空間とすることが重要である。

地下空間の快適性や魅力を考える場合、視覚的な側面だけでも空間の形、色、照明、素材感などの多くのデザイン要素について考慮する必要がある、それらの相互関係をどのように扱うかが課題となる。

そこで、著者らはマーケティング分野におけるポジショニング分析や知覚マップ⁴⁾⁵⁾、及び、布置図による表現に着想を得て、視覚的なデザイン要素の中から色と形を取り上げ、いくつかの形と色を組み合わせで作成した

地下空間のモデルと人の持つ印象(形容詞)の関係を表す知覚マップを構成した⁶⁾。知覚マップにより、性質や印象の類似性が高いものは近く、類似性の低いものは遠くに配置され、互いの関係を視覚的に示した。

さらに本論文では、感性的な観点からの印象評価に加え、安全性の観点から力学的評価についても議論を広げる。第2章で、まず文献6)で示した「知覚マップ」の概要を述べ、本論文で扱う印象評価結果を示す。第3章では、力学的な視点から地下空間形状を評価する指標を定義する。第4章では、印象評価結果と力学的評価結果を総合して考察する。

キーワード：地下空間、色、形、感性、力学

¹ 正会員 福岡大学助教 工学部社会デザイン工学科 Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Fukuoka University
(E-mail: akaneimaizumi@fukuoka-u.ac.jp)

² 非会員 八千代エンジニアリング株式会社 Yachiyo Engineering Co., Ltd

³ 正会員 山口大学教授 工学部社会建設工学科 Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, Yamaguchi University

2. 知覚マップによる印象評価⁶⁾

本章では、著者らが文献6) で示した「地下空間の色と形の知覚マップ」について概要を述べる。

(1) 評価対象の作成と実験の実施

まず、知覚マップを作成するためのデータを得るために、いくつかの断面形状と壁面の色を組み合わせで作成した地下空間モデルに対する印象を問う実験を実施した。

実験の際に印象評価に用いる形容詞は、図-1(a)に示す51個に、「高い、低い、広がりのある、窮屈な」の4個の形容詞を加えた合計55個とし、「そう思う」「そう思わない」の2択で実験参加者に回答を求めた。

評価対象の地下空間モデルは地下通路を想定し、断面形状は図-1(b)に示すA, B, C, D, Eの5種類とした。色はPCCS（日本色研配色体系）⁷⁾のシステムにより、トーンと色相で設定し、色相は図-1(b)に示す無彩色を含む7種とし、壁・天井はペールトーン、床はグレイッシュトーンとした。以上の色7種類と形5種類により35種類と設定した。また、平面線形は、直線、及び、曲線の2通りを設定し、上述の35種類のモデルは直線通路とし、曲線通路については色5種類、断面形状3種類、平面線形2種の組合せより全30種類とした。

以上の直線通路35種、曲線通路30種の合計65種を地下通路内を歩行していることを表現した動画として実験参加者に提示した。

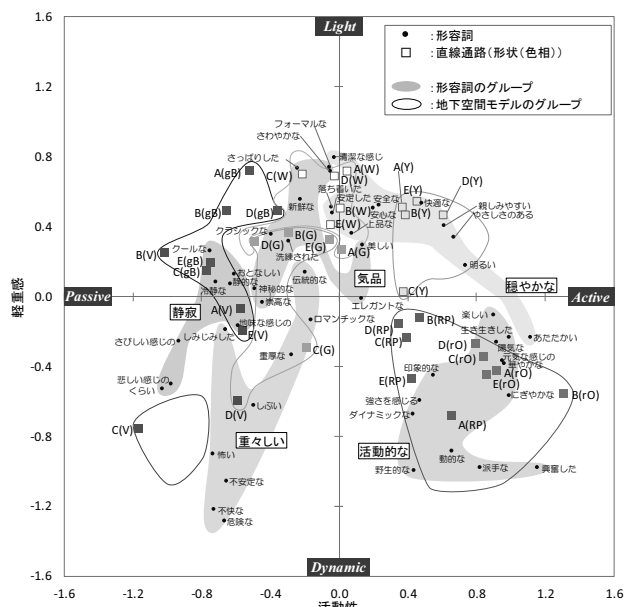
(2) コレスポネンス分析とクラスター分析による知覚マップの作成

コレスポネンス分析を実験結果（回答率：実験参加者のうち「そう思う」と回答した人数の割合）に適用し、形容詞と地下空間モデルを布置図（次元得点分布図）上に示し、互いの対応関係を表す。まず予備コレスポネンス分析の結果を検討し、図-1(a)に示す「形容詞51個」と「形容詞4個（高い、低い、広がりのある、窮屈な）」に関する知覚マップを作成することとした。再度コレスポネンス分析を適用して2つの布置図を作成した。

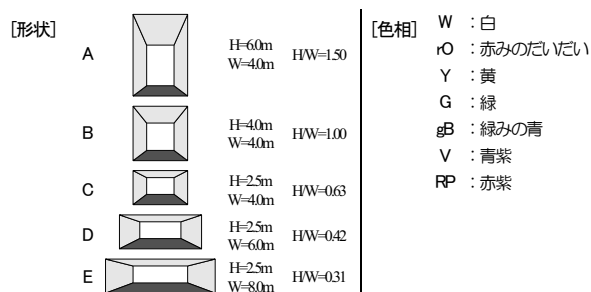
さらに、実験結果（回答率）にクラスター分析を適用し、地下空間モデル、及び、形容詞を各々類似性の高い対象同士でグルーピングし、コレスポネンス分析により得られた布置図に示し、視覚に解釈しやすいようにした。

以上より、形容詞51個に関する「活動性」と「軽重感」、形容詞4個に関する「高低感」と「広狭感」を表す2つの知覚マップを得た。

本論文では、直線通路35種における「活動性」と「軽重感」に関する印象を対象に検討することとし、文献6) で作成した「活動性」と「軽重感」に関する知覚マップにおいて曲線通路30種を非表示にして図-1(a)に示す。



(a) 「活動性」と「軽重感」



(b) 地下空間モデルの形状と色相

図-1 地下空間デザインのための色と形の知覚マップ
(文献6) より直線通路のみ抜粋) ⁶⁾

この知覚マップにより、形容詞（印象）と地下空間の色と形の対応関係を視覚的に表すことができた。

3. 力学的感度による力学的良好度の算出

本章では、力学的な視点から地下空間形状を評価するための指標を定義する。

(1) 力学的感度と力学的良好度⁸⁾

著者らは、力学的な観点から地下空間の断面形状の望ましい形を評価するために、空間形状の変形しやすさ（あるいはしにくさ）の観点から“力学的感度”と呼ぶ指標を定義した。

地下空間周辺の岩盤を等方等質の弾性体、また、岩盤の初期応力を一定と仮定した2次元平面ひずみ問題における空間の変形しやすさを示す指標であり、ポアソン比を一定と仮定するとその値は、初期応力と弾性係数に無関係で空間の形状のみに影響を受ける。せん断ひずみ、および、体積ひずみのそれぞれに対する感度を、せん断

ひずみ感度 γ , および, 体積ひずみ感度 e と呼ぶこととし, これらの値が大きいほど, せん断ひずみ, および, 体積ひずみが生じやすい形状と評価される. また, 2つの感度をまとめて力学的感度と呼ぶ.

さらに, 力学的感度は値が大きいほど変形しやすいことを示すため, 力学的感度 γ, e の逆数を取ることによって, 値が大きいほど力学的に評価の高い形状となる指標を定義した. 評価対象とする地下空間形状のうち最も値の大きい $(1/\gamma_{\max}), (1/e_{\max})$ で, 各形状における値を除して基準化し, 力学的良好度 $(1/\gamma)/(1/\gamma_{\max}), (1/e)/(1/e_{\max})$ とした.

(2) 平均力学的良好度の定義

本論文では, 次式で表される力学的良好度 $(1/\gamma)/(1/\gamma_{\max}), (1/e)/(1/e_{\max})$ の算術平均を平均力学的良好度 MS とする.

$$MS = \frac{1}{2} \left\{ \frac{(1/\gamma)}{(1/\gamma_{\max})} + \frac{(1/e)}{(1/e_{\max})} \right\} \quad (1)$$

図-1(b)に示す断面形状A, B, C, D, Eに対し, 境界要素法による数値計算によって求めた力学的感度を求め, 平均力学的良好度 MS を算出した. 平均力学的良好度 MS と縦横比 H/W の関係を図-2に示す.

第4章では, 平均力学的良好度 MS と第2章で紹介した文献6)で得られた知覚マップによる印象評価結果との関係を考察する.

4. 「活動性と軽重感」と力学的良好度について

本章では, 図-1(a)に示す活動性と軽重感に関する地下空間モデルの印象と力学的良好度との関係について考察する.

(1) コレスポンデンス分析(次元得点)と力学的良好度

コレスポンデンス分析により得られた図-1(a)の横軸に示した「活動性」に関する各地下空間モデルの次元得点, 及び, 図-1(a)の縦軸に示した「軽重感」に関する各地下空間モデルの次元得点と平均力学的良好度 MS の関係を図-3(a), 及び, 図-3(b)に各々示す.

図-3(a)より, 活動性の次元得点の絶対値が大きい青紫(V)や赤みのだいたい(rO)では, 力学的良好度が大きくなるに従い, さらに絶対値が大きくなる傾向がやや見られ, 活発な印象を持つ色では変形しにくいほどより活発(Active)な印象が増し, 静かな印象を持つ色では変形しにくいほどより静的(Passive)な印象が増す可能性が示唆される.

図-3(b)では, 軽重感軸の+側は明度が高く, 一側は明度が低い色の地下空間モデルが分布している. また, 白(W)や赤みのだいたい(rO), 形状による軽重感のバラ

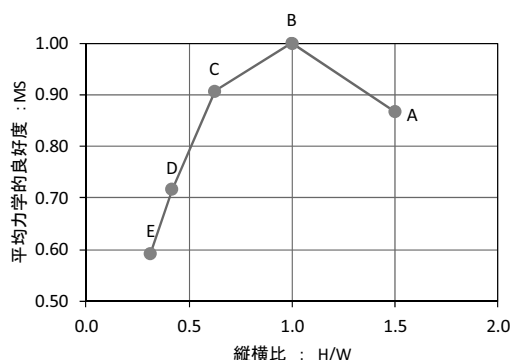
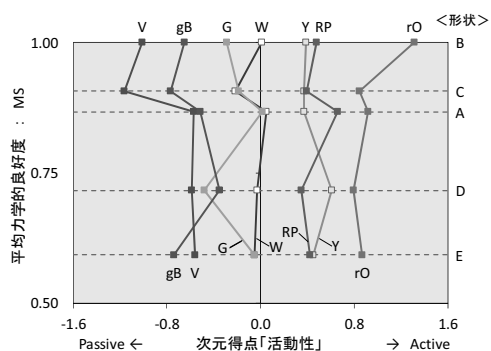
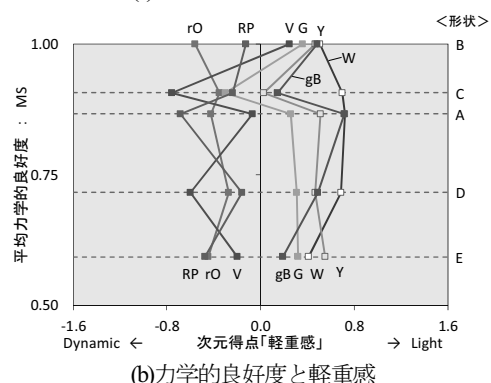


図-2 縦横比 H/W と平均力学的良好度 MS の関係



(a) 力学的良好度と活動性



(b) 力学的良好度と軽重感

図-3 平均力学的良好度とコレスポンデンス分析結果

つきは比較的小さいことが分かる.

(2) クラスター分析結果と力学的良好度

図-1(a)に示す51個の形容詞を回答率を元にクラスター分析を適用して得られた5つの形容詞グループ(活動的な, 重々しい, 気品, 静寂, 穏やかな)に含まれる形容詞の平均回答率と平均力学的良好度 MS の関係を図-4に示す. 図-1(a)において, 各形容詞グループと近い位置にあった地下空間モデルの回答率が高いことが分かる.

図-4(a)に示す形容詞グループ「活動的な」では, 赤みのだいたい(rO)は形状による回答率の差は大きい, どの形状においても他の色よりも回答率が大きく, 活動的な印象が強いことが分かる. 白(W)や赤みのだいたい(rO)を除く5色については, 最も力学的良好度が大きい

図-4(d)に示す形容詞グループ「静寂」は他の形容詞グループよりも、平均回答率の分布域が大きく、同じ色内においても形状による回答率の差が大きいことから、「静寂」な印象は地下空間モデルによる差が大きいことが分かる。断面形状Dでは回答率の差は小さいことが分かる。他の色に比べ比較的回答率が低く静寂な印象が小さい赤みのだいたい(rO)では、力学的感度が大きくなる(変形しにくい)ほど、静寂さがより小さくなる傾向が見られる。

本論文では、知覚マップによる印象評価に加え、安全性の観点から力学的評価の結果を合わせ、色・形・力学を総合して考察した。

参考文献

- 1) 土木学会地下空間研究委員会研究成果報告書，2002，2005，2008，2011，2014.
- 2) Carmondy, J. and Sterling, R.: *Underground Space Design*, Van Nostrand Reinhold, 1993. (レイモンド・L・スターリング，ジョン・C・カーモディ；羽根義，小林浩（訳）：地下空間デザイン，山海堂，1995.)
- 3) (一財) エンジニアリング協会地下開発利用研究センターガイドブック編集委員会（編）：地下空間利用ガイドブック，清文社，2013.
- 4) 岡太彬訓，守口剛：シリーズ<行動計量の科学>2 マーケティングのデータ分析ー分析手法と適用事例ー，pp.13-15，朝倉書店，2010.
- 5) 神田範明（編著），大藤正，長沢伸也，岡本眞一，丸山一彦，今野勤（著）：ヒットを生む商品企画の七つ道具 よくわかる編， pp.105-126，日科技連出版社，2000.
- 6) 今泉晁音，伊藤裕美子，清水則一：地下空間の色と形の知覚マップの構成，土木学会論文集 F2，Vol.72，No.1，pp.1-12，2016.
- 7) 大井義雄，川崎秀昭：カラーコーディネーター入門色彩，日本色研事業，1996.
- 8) 今泉晁音，清水則一，櫻井春輔：力学的感度と感性アンケートに基づく地下空間の形状デザインに関する研究，土木学会論文集 F，Vol.66，No.2，pp.237-250，2010.

